

深孔大口径垂直投料孔钻井工艺与质量控制

薛高强 曹 盟

陕西省煤层气开发利用有限公司 陕西 榆林 719000

摘要：深孔大口径垂直投料孔钻井工艺复杂且对质量控制要求高。本文从前期准备入手，详细阐述了场地布设、设备选型调试、材料准备管控及参数预设等内容；深入剖析了开孔、钻进、扩孔、清孔、终孔等核心工艺；围绕垂直度、孔径尺寸、孔壁稳定性、材料及设备运行等关键环节，介绍了质量控制要点；针对孔斜、孔壁坍塌等常见问题，给出相应处理措施，为保障该钻井工艺顺利实施与质量达标提供全面参考。

关键词：深孔大口径；垂直投料孔；钻井工艺；质量控制；问题处理

引言：在煤矿等工程领域，深孔大口径垂直投料孔钻井技术意义重大，它能有效缓解提升系统压力，实现散装物料直接输送，提升运输效率。然而，该钻井工艺面临诸多挑战，地质条件复杂多变，不同地层特性差异显著，对钻井工艺与质量控制提出极高要求。从前期场地布设、设备选型，到核心钻进环节的参数调控，再到质量控制的各项要点，任何一个环节出现问题都可能影响整个钻井工程。因此，深入研究深孔大口径垂直投料孔钻井工艺与质量控制，确保钻井作业高效、安全、高质量完成，具有迫切的现实需求。

1 钻井工艺前期准备

1.1 钻井场地布设

钻井场地布设是钻井作业顺利开展的基础保障。场地选址需综合考量地质条件、周边环境及施工便利性^[1]。应避开地质灾害频发区域，如滑坡、泥石流易发地段，确保场地稳定性。场地地势应相对平坦，减少土方工程量，降低施工成本。同时，要考虑周边交通状况，保证设备与材料运输畅通无阻。场地内功能分区需明确合理。钻机作业区应布置在场地中心位置，便于各方向操作与设备连接。泥浆循环系统要靠近钻机，缩短泥浆输送距离，提高循环效率。材料堆放区应分类存放钻杆、钻头、套管等物资，设置明显标识，方便取用与管理。办公区与生活区要远离钻井作业区，减少噪音与粉尘影响，为工作人员提供舒适的工作与生活环境。此外，场地内应设置排水系统，防止雨水积聚影响施工。

1.2 钻井设备选型与调试

钻井设备选型直接影响钻井效率与质量。钻机选型要依据钻井深度、孔径大小及地质条件确定。对于深孔大口径钻井，需选用具备大扭矩、高提升能力的钻机，以满足钻进与起下钻需求。钻具组合要根据地层岩性选择合适钻头，如金刚石钻头适用于坚硬地层，牙轮钻头

适用于软至中硬地层。导向设备要具备高精度测斜功能，确保钻井垂直度。设备调试是保障设备正常运行的关键环节。钻机安装完成后，要进行空载试运转，检查各部件运转是否平稳，有无异常声响与振动。对动力系统、传动系统、液压系统等关键部位进行重点检测，确保参数符合设计要求。钻具连接后要进行强度测试，防止钻进过程中出现断裂事故。导向设备要提前校准，保证测斜数据准确可靠。

1.3 钻井材料准备与管控

钻井材料质量关乎钻井安全与进度。钻杆要选用高强度合金钢材质，具备良好的抗疲劳性能与抗弯强度。钻头要根据地层特点选择，确保钻进效率与成孔质量。套管要保证内径均匀、壁厚一致，连接部位密封性能良好。泥浆材料要严格把控质量，膨润土、纯碱等添加剂要符合行业标准。材料管控要建立完善管理制度。材料采购要选择正规供应商，确保来源可靠。入库前要进行严格检验，不合格材料严禁入库。材料存放要分类分区，做好防潮、防晒、防锈措施。定期对库存材料进行盘点，及时补充短缺材料，避免因材料短缺影响施工进度。

1.4 钻井参数预设

钻井参数预设是钻井工艺重要环节。钻压要根据地层硬度与钻头类型确定，坚硬地层适当增大钻压，软地层减小钻压，防止钻头损坏。转速要与钻压匹配，在保证钻进效率同时，避免因转速过高导致钻头磨损加剧。泥浆排量要根据孔径大小与钻进速度调整，确保岩屑能够及时排出孔外，防止重复破碎影响钻进效率。

2 深孔大口径垂直投料孔钻井核心工艺

2.1 开孔工艺

开孔是深孔大口径垂直投料孔钻井的起始步骤，对后续施工影响重大。开孔位置需依据设计要求精准定位，借助全站仪等高精度测量仪器，确保位置偏差控制

在极小范围内。开孔钻头选择至关重要,针对表层土质松软的特点,通常选用大直径合金钻头,这种钻头具备较强切削能力,能快速破碎土体^[2]。开孔时,钻机以较低转速和较小钻压启动,缓慢钻进,待钻头完全进入土层且钻进平稳后,再逐步增大钻压与转速。同时,要密切关注泥浆循环情况,保证泥浆携带岩屑顺利排出孔外,防止孔内岩屑堆积影响开孔质量。

2.2 钻进工艺

2.2.1 不同地层钻进方式选择

不同地层性质差异显著,需针对性选择钻进方式。在软土地层,采用刮刀钻头进行旋转钻进,利用钻头刃口刮削土体,效率较高。对于砂层,由于砂粒易塌落,需采用泥浆护壁钻进,同时控制钻进速度,避免孔壁失稳。遇到坚硬岩石地层,则换用牙轮钻头或金刚石钻头,通过冲击破碎与旋转切削相结合的方式钻进。

2.2.2 钻进过程中的参数调控

钻进参数需根据地层变化实时调整。钻压方面,软土地层可适当增大钻压以提高钻进速度,但在坚硬地层要减小钻压,防止钻头损坏。转速应根据钻头类型和地层硬度确定,牙轮钻头在硬地层转速相对较低,金刚石钻头在合适地层可适当提高转速。泥浆排量要始终保证能将岩屑及时带出孔外,避免重复破碎,同时维持孔壁稳定。

2.3 扩孔工艺

扩孔是为满足投料孔大口径要求的关键环节。扩孔前需对孔壁进行全面检查,确保孔壁完整无缺陷。扩孔钻头选用分级扩孔方式,先使用较小直径扩孔钻头进行初步扩孔,再逐步更换更大直径钻头。扩孔过程中,要严格控制钻压与转速,避免因扩孔过快导致孔壁坍塌。每完成一级扩孔,需对孔径进行测量,确保达到设计要求。

2.4 清孔工艺

清孔旨在清除孔内残留岩屑与杂质,保证孔内清洁。采用正循环清孔与反循环清孔相结合方式。正循环清孔时,泥浆从钻杆进入孔底,携带岩屑从孔口返回泥浆池。反循环清孔则是泥浆从孔口进入,通过钻杆将岩屑吸出。清孔过程中,要不断检测泥浆性能指标,当泥浆中含砂量、粘度等指标符合要求时,清孔完成。

2.5 终孔工艺

终孔前需对孔深、孔径、垂直度等指标进行全面检测。孔深检测使用测绳,确保达到设计深度。孔径检测采用孔径仪,保证各深度段孔径符合要求。垂直度检测利用测斜仪,若垂直度偏差超出允许范围,需进行纠偏处理。各项指标合格后,即可完成终孔作业。

3 钻井过程质量控制核心环节

3.1 垂直度控制

深孔大口径垂直投料孔对垂直度要求严苛,这关乎投料精准度与后续工程衔接^[3]。在钻进初期,采用轻压吊打工艺,让钻头在较小压力下缓慢钻进,钻压控制在20-30kN,避免因压力过大导致钻头偏移。随着钻进深度增加,当钻进深度达到100m后,安装导向器,导向器与钻头保持5-8m的合理间距,通过导向板对钻头行进方向进行约束。钻进过程中,每钻进50m便使用测斜仪检测垂直度,依据检测数据及时调整钻进参数。若发现垂直度偏差,通过扫孔作业进行纠偏,即让钻头在偏差区域反复钻进,每次扫孔长度不小于10m,逐步修正行进轨迹,确保垂直度始终处于可控范围。

3.2 孔径尺寸控制

孔径尺寸精准是保障投料顺畅的基础。钻进时,依据设计要求选择合适钻头,不同直径扩孔钻头按顺序使用,实现分级扩孔,分级间距控制在50-80mm。每完成一级扩孔,使用孔径仪对孔径进行检测,检测频率为每10m一次,确保孔径符合设计标准,孔径偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内。在软土地层钻进,由于土体易坍塌,需控制钻进速度,控制在1.5-2m/h,防止因钻进过快导致孔径缩小。在坚硬岩石地层,合理调整钻压与转速,钻压控制在30-50kN,转速控制在30-50r/min,避免钻头过度磨损造成孔径偏差。若检测发现孔径偏小,偏差超过5mm,采用特殊扩孔工具进行二次扩孔;孔径偏大超过5mm则通过下入套管进行约束。

3.3 孔壁稳定性控制

孔壁稳定是钻井安全的关键。针对不同地层采取相应护壁措施,在松散地层,使用高粘度泥浆,增强泥浆悬浮与携带岩屑能力,在孔壁形成泥皮,防止孔壁坍塌。在破碎带地层,采用跟管钻进工艺,随钻进下入套管,对孔壁进行即时支撑。同时,控制泥浆液面高度,确保液面始终高于地下水位,平衡孔内外压力差。定期对孔壁进行超声检测,及时发现孔壁裂缝、掉块等隐患,采取注浆加固等措施进行处理。

3.4 钻井材料质量控制

钻井材料质量直接影响钻井质量与进度。对钻杆、钻头、套管等关键材料,严格审查供应商资质与产品合格证明。材料进场前进行抽样检测,钻杆检查直线度、壁厚均匀性;钻头检测硬度、耐磨性;套管查看内径、壁厚及连接部位密封性。泥浆材料把控膨润土、纯碱等添加剂质量,确保泥浆性能指标符合要求。建立材料追溯体系,对每批材料使用情况进行详细记录,便于质量

追溯与问题查找。

3.5 钻井设备运行质量控制

钻井设备稳定运行是钻井作业顺利进行的保障。钻机安装时,确保各部件连接牢固,对中精度符合要求,对中偏差不超过2mm。设备调试阶段,进行空载与负载试运转,空载试运转时间不少于2小时,负载试运转时间不少于1小时,检查动力系统、传动系统、液压系统等运行状况,及时排除故障隐患。钻进过程中,安排专人监控设备运行参数,如钻压、转速、扭矩等,每15分钟记录一次参数,发现参数异常及时调整^[4]。定期对设备进行维护保养,每日进行一次常规检查,每周进行一次全面保养,每月更换一次磨损部件,添加润滑油脂,延长设备使用寿命,确保设备始终处于良好运行状态。

4 钻井工艺常见问题处理

4.1 孔斜处理

孔斜是钻井过程中较为常见的问题,会对后续施工及投料精准度产生不利影响。当发现孔斜时,需先停止钻进,利用测斜仪精确测定孔斜位置与角度。若孔斜程度较轻,可通过调整钻进参数进行纠偏。适当降低钻压,减小钻头对孔壁的不均匀压力,同时提高转速,增强钻头旋转稳定性,使钻头逐渐回到垂直轨道。对于孔斜较为严重的情况,采用扫孔作业进行修正。选用合适直径的纠斜钻头,在孔斜区域以较低钻压和转速反复钻进,利用钻头的切削作用逐步消除孔斜,过程中要密切关注测斜数据变化,确保纠偏效果。若上述方法效果不佳,考虑下入导向套管,通过套管对钻头行进方向进行强制约束,引导钻头垂直钻进。

4.2 孔壁坍塌处理

孔壁坍塌会严重影响钻井安全与进度。一旦出现孔壁坍塌迹象,如泥浆液面下降、返出岩屑异常增多等,应立即停止钻进,提升钻具至安全位置。根据坍塌地层性质采取相应措施,对于松散地层坍塌,提高泥浆粘度与比重,增强泥浆悬浮与护壁能力,在孔壁形成更稳固的泥皮。向孔内投入粘土球或片石,通过钻头反复冲击,使粘土球或片石挤入孔壁裂缝,起到加固作用。若坍塌严重,采用注浆加固方法,将水泥浆或化学浆液注入坍塌区域,待浆液凝固后增强孔壁稳定性。在处理过程中,持续监测泥浆性能指标与孔内情况,确保孔壁不再继续坍塌。

4.3 卡钻处理

卡钻会阻碍钻具正常提升与旋转,给钻井作业带来

极大困扰。发生卡钻后,不要强行提拉钻具,以免造成钻具断裂。先分析卡钻原因,若因钻屑堆积导致卡钻,采用上下活动钻具方法,通过钻具的往复运动破坏钻屑与孔壁间的粘结力,使钻屑松动脱落。同时,适当增加泥浆排量,加强泥浆循环,将松动钻屑携带出孔外。若因孔壁缩径造成卡钻,使用扩孔器对卡钻区域进行扩孔,扩大孔径,使钻具能够顺利通过。对于键槽卡钻,通过倒划眼方式,将钻具缓慢旋转提升,破坏键槽结构,解除卡钻状态。

4.4 孔径偏差处理

孔径偏差会影响投料顺畅性与工程质量。当孔径小于设计要求时,根据偏差程度选择合适扩孔工具进行二次扩孔。对于小范围孔径偏小,使用特制扩孔钻头,控制钻进参数,缓慢扩大孔径。若孔径偏差较大,采用分级扩孔方式,逐步将孔径扩大至设计尺寸,过程中要不断检测孔径,确保扩孔质量^[5]。当孔径大于设计要求时,下入合适尺寸套管进行约束,通过套管与孔壁间的摩擦力固定套管位置,限制孔径进一步扩大,保证孔径符合设计标准。

结束语

深孔大口径垂直投料孔钻井工艺与质量控制是一个系统工程,涉及前期准备、核心工艺实施以及过程质量把控等多个方面。通过科学合理的场地布设、精准的设备选型与调试、严格把控材料质量以及精细调控钻井参数,能有效保障钻井工艺的顺利开展。同时,针对孔斜、孔壁坍塌等常见问题,采取及时有效的处理措施,可确保钻井质量符合要求。在实际工程中,需严格遵循相关规范与标准,不断优化工艺流程,提高质量控制水平,以实现钻井工程的经济效益与社会效益最大化。

参考文献

- [1]殷跃杰.煤层气水平井钻井工艺研究[J].内蒙古煤炭经济,2021(24):35-37.
- [2]田阳.煤层气多分支水平井钻井工艺研究[J].煤炭新视界,2023(2):169-171.
- [3]路芳芳.煤层气多分支水平井钻井工艺研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(14):182-183.
- [4]张才.大口径应急救援孔钻井工艺研究[J].中国煤炭地质,2022,34(10):56-59.
- [5]周兢.矿山灾害应急救援生命保障孔钻井工艺研究[J].钻探工程,2022,49(1):128-134.